

## 7-2 破壊的地震に関する地震予知情報の実際的分類

### Classification of Earthquake Prediction Information for Practical Use

東工大 理工学 力武常次

Tsuneji Rikitake

・ Department of Applied physics, Tokyo Institute of Technology

#### 1. まえがき

地震予知技術は未だに開発段階である。しかしながら社会的要請もあって、いささか「見切り発車」的ではあるが「東海地域判定会」が発足し、地震予知の実用化が具体化されることになった。

現実には地震予知情報が出されることになると、それを受けて行政措置を講じなければならない行政当局としては、通常の学術的表現による情報では対応しにくい場合がある。たとえば「危険率何パーセントで、今後何日以内に地震が起こることができる」というような表現では、どう対応してよいかわからないというような点が指摘されている。これはまことにもったいなことで、データが万全でなくとも、何らかの措置を決定しなければならない場合があることは当然であろう。

したがって、たとえば状況判断を A（数時間以内に地震が起こる）、B（数日から1週間以内に起きる）および C（そう遠くない時期に起きる）という3段階にわけ、それを X（非常に確か）、Y（ある程度確か）および Z（可能性がある）の確からしさをつけて行政当局に伝達することが要請される。もちろん、このような点について現在の地震予知技術のレベルでは万全の対応をするというわけにはいかないが、現在のレベルで可能と思われる試案を以下に提出する。

#### 2. 地震発生時期判定の根拠

ここで問題にしているのはいわゆる短期的地震予知情報であるが、当然超長期的または長期的に地震発生確率が高まっているものとする。歴史的地震活動の解析、測地測量による地殻歪のモニタリングなどがこれに役立つ<sup>1)</sup>。

また本震のマグニチュード（以下 M と書く）が大きいほど先行時間 T が長いいわゆる第1種先行現象<sup>1)</sup>が検知されている場合には、地殻の異常範囲の広がりより檀原<sup>2)</sup>の実験式によって M を求め、さらに力武の実験式によって T を求めることにより、地震発生時期の概略の見当がつけられる場合がある。

## 2.1 先行現象の頻度

過去に報告されている土地変形，傾斜歪，前震，土地電気抵抗，……………などの各種の先行現象のうら，本震のMが6またはそれ以上のものについて先行時間の常用対数の頻度分布をつくると第1図のようになる。Tの単位は日数である。この分布では，明らかに第1種先行現象に属するものを取除いてある。

第1図をみると  $\log_{10}T = 1$  および  $-1$  のあたりにピークをもつ二つの分布があるようにみえる。これをそれぞれ  $\alpha_1$  型および  $\alpha_2$  型先行現象とよぶことにする。

### 2.1.1 $\alpha_1$ 型先行現象

まず第1図の  $\alpha_1$  型分布をワイブル分布で近似して，そのパラメーターを求める。このパラメーターに基づいて計算された平均値と標準偏差は

$$\begin{aligned} E[\log_{10}T] &= 0.66 \quad (E[T] = 4.6 \text{ 日}) \\ \sigma &= 0.9 \cdot 5 \end{aligned} \tag{1}$$

となる。

またこのタイプの先行現象が観測されてから時間の経過とともに地震発生確率は第2図のように増大する。かりに確率0.3から危険期に入るとし，0.8を過ぎてしまっても地震が発生しない場合には誤のシグナルであると判断することにすれば，危険期は1.4～28.2日ということになる。

### 2.1.2 $\alpha_2$ 型先行現象

このタイプの先行現象は既に地震数時間前の第2種先行現象<sup>1)</sup>として知られている。その詳しい分布は第3図に示されていて，先行時間の平均値と標準偏差は

$$\begin{aligned} E[t] &= 2.4 \text{ 時間} \\ \sigma &= 2.3 \text{ 時間} \end{aligned} \tag{2}$$

となる。確率曲線は第4図のようになり，§2.1.1の定義による危険期は1.0～4.0時間となる。

### 2.1.3 $\beta$ 型先行現象

動物，魚，蛇，昆虫，……………などの異常行動が地震先行現象であると仮定して，既存の報告157例の頻度分布をつくると第5図のようになる。ここで数時間程度の先行時間をもつもの（ $\beta_2$  型）を除いて，残りの  $\beta_1$  型先行時間の平均値および標準偏差は

$$\begin{aligned} E[\log_{10}T] &= -0.4 \quad (E[T] = 0.4 \text{ 日}) \\ \sigma &= 1.0 \end{aligned} \tag{3}$$

となる。確率曲線は第6図に与えられ，危険期は0.13～4.0日となる。

$\beta_2$  型の詳しい分布は第7図の通りで，平均値と標準偏差はそれぞれ3.0および2.0時間とな

り、式(2)に与えられた値を参照して、このタイプは  $\alpha_2$  型とほぼ同等であるといえよう。

### 3. 危険度の判定

§ 2 に述べたことを総合して、 $\alpha_2$  および  $\beta_2$ 、 $\beta_1$  および  $\alpha_1$  型先行現象の確認によって、短期予知情報を A、B および C の 3 段階に分類することにする。このような各タイプの先行現象を確認するためには、第 1 表のような地震予知要素の観測が必要となる。

各タイプの短期シグナルを確認するためには第 2 表の「現象の種類」欄に示すような項目を確認しなければならない。異なったシグナルにそれぞれ特徴的な項目がある場合（たとえば  $\alpha_2$ 、 $\beta_2$  型における  $r$ ）には判別が可能だが、そうでない場合には、たとえば  $l$  シグナルをキャッチしても  $\alpha_2$ 、 $\beta$  型か  $\alpha_1$  型かあるいは第 1 種先行現象であるかを識別することは困難である。このような場合には Rikitake<sup>3)</sup> に述べてあるように、先行現象として記述されたもののうちの各タイプの個数を用いて、それぞれのタイプに属する確率を判断の根拠とすることとなる。したがって、たとえば  $\alpha_2$ 、 $\beta_2$  型発生の確率が 11%、第 1 種先行現象の確率が 57%、 $\alpha_1$  型の発生確率が 32% というような統計結果をふまえると、項目  $r$  が観測されない場合には  $\alpha_2$ 、 $\beta_2$  型に対する信頼度は第 2 表に与えたものよりも、たとえばランクを一つづつ下げる必要があるだろう。

各項目のシグナルのあらわれる時間空間的パターンによって、どのタイプに属するかを判別できる場合もあり得るが、機械的判断は不可能である。信頼度の判定は、全項目のうち観測された項目のパーセンテージ  $\lambda$  および全観測点のうち異常を観測した点数のパーセンテージ  $\mu$  の組合せを用いるのが妥当であろう。たとえば第 8 図のような  $\lambda$  および  $\mu$  の組合せによって、X、Y および Z を定義する。

観測項目  $a$  については組織的観測は期待できないので、予想震源域周辺に多数の異常報告があった場合というような漠然とした表現にとどめる。この場合の「多数」の程度は判定者の判断による。いずれにしても、 $a$  については個々のデータの質が低いと思われるので、 $a$  だけで X や Y にランクづけすることは困難であろう。

### 4 総合判定表

§ 2 および 3 に述べたことをとりまとめ、さらに第 1 種先行現象や地殻歪モニタリングおよび歴史上の記録による長期ならびに超長期予知情報をもつけ加えて、地震予知情報の一覧表をつくると第 2 表のようになる。

### 5 結 語

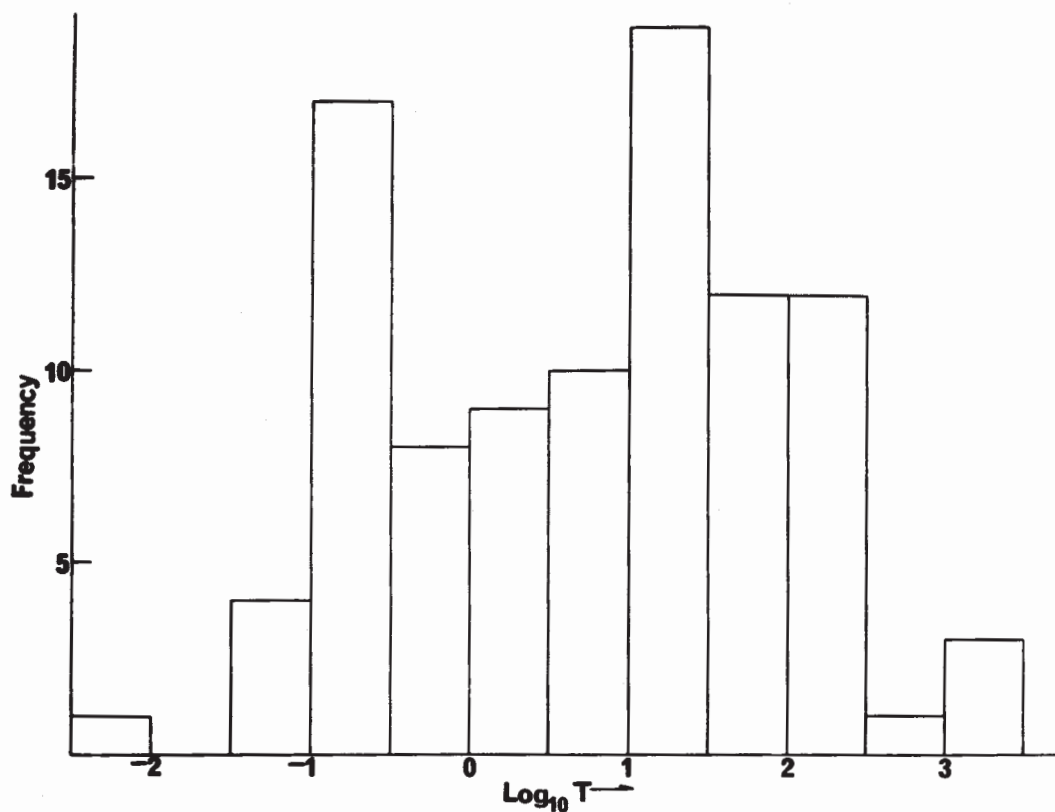
防災関係諸機関が地震予知情報に対応する場合に便利のように、危険期および情報信頼度をおのおの 3 段階にわけるときの根拠についての考察を行なった。地震予知技術の現レベルにおいては、必ずしも定量的に判定表を作成できない部分がある。

しかしながら、地震予知は本質的にデータ不足にもかかわらず、何らかの判断を即座に行な

うことを要求されることがらであるので、この報文に述べた試案を改訂することにより、できるかぎり客観的判断を下せるような方式を開発しなければならない。

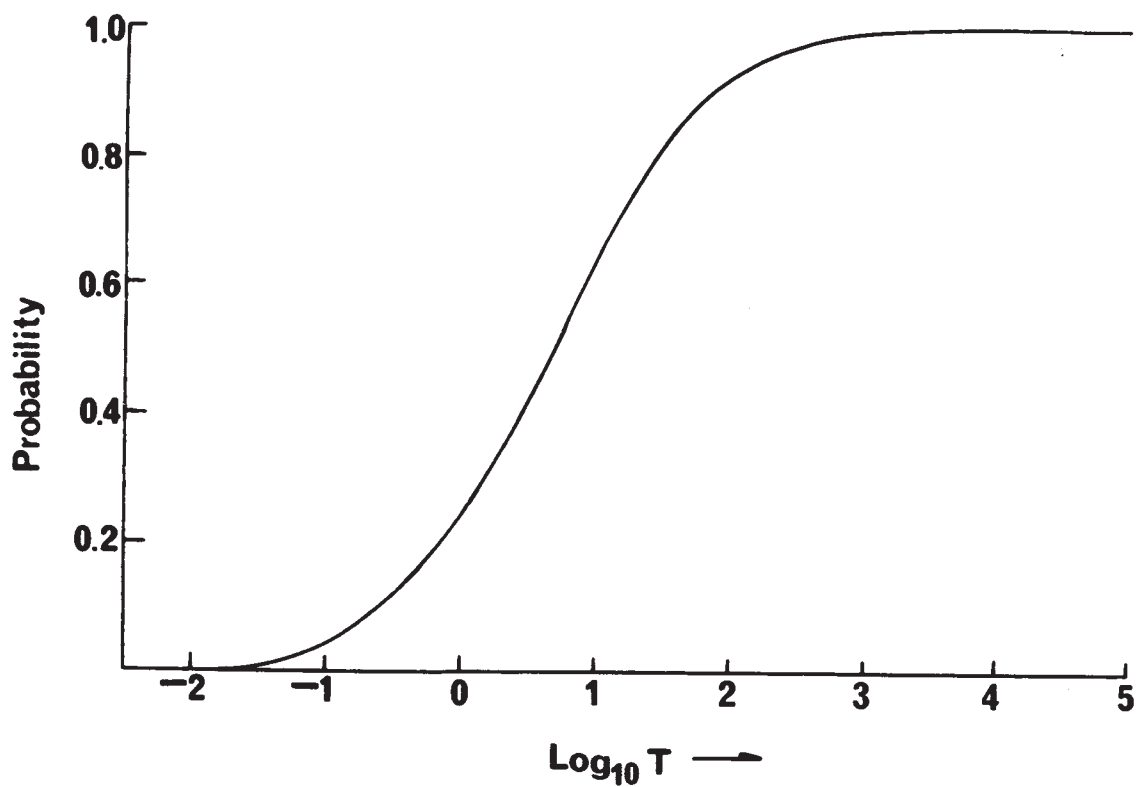
#### 参 考 文 献

- 1) 力武常次, 地震予知論入門, 共立出版, 1976.
- 2) 檀原 毅, 松代地震に関連した地殻の上下変動, 測地学会誌 12, 18 - 45, 1966.
- 3) Rikitake, T. Earthquake precursors, Bull. Seism. Soc. Amer., 65, 1133 - 1162, 1975.



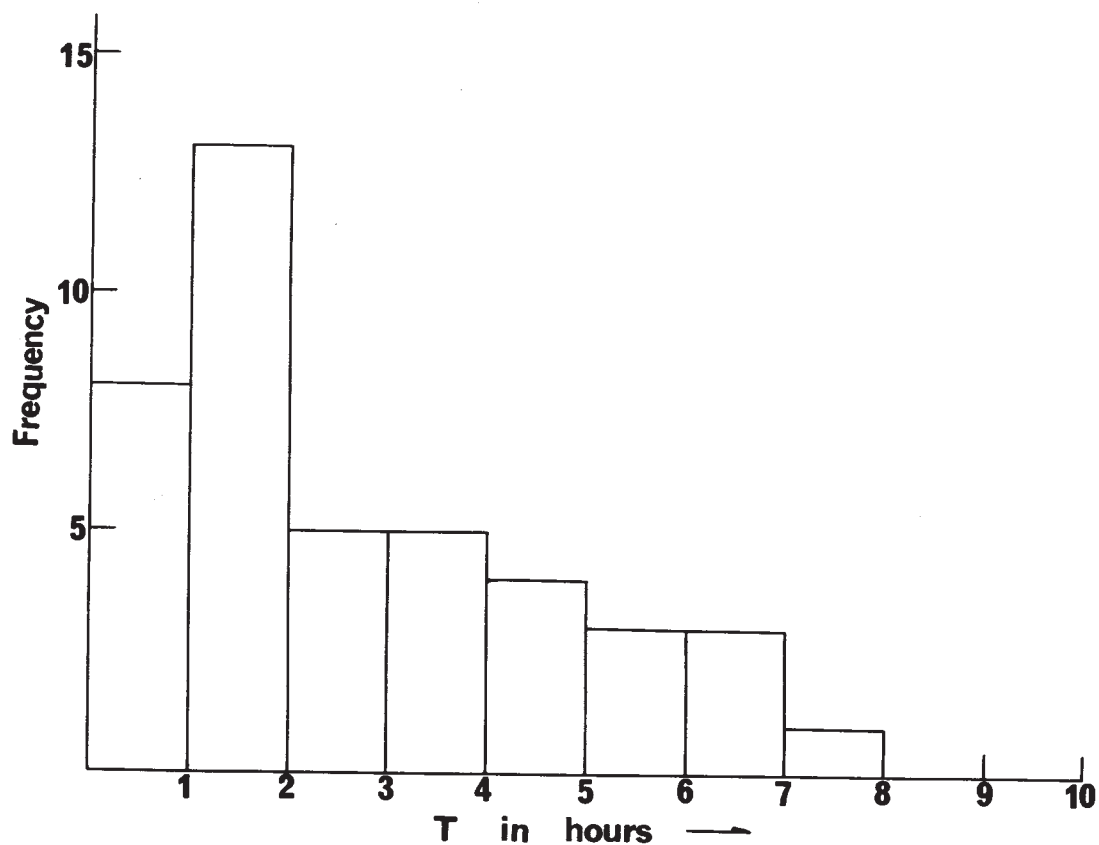
第1図 本震のMが6またはそれ以上の場合の物理的先行現象の先行時間をT（単位：日数）としたときの $\log_{10}T$ の頻度分布，明らかに第1種先行現象に属するデータは除いてある。

Fig. 1 Histogram of  $\log_{10}T$ . T, that is measured in units of days, is the precursor time of a geophysical precursor for an earthquake of magnitude 6 or over. Precursors of the first kind are omitted from the histogram.



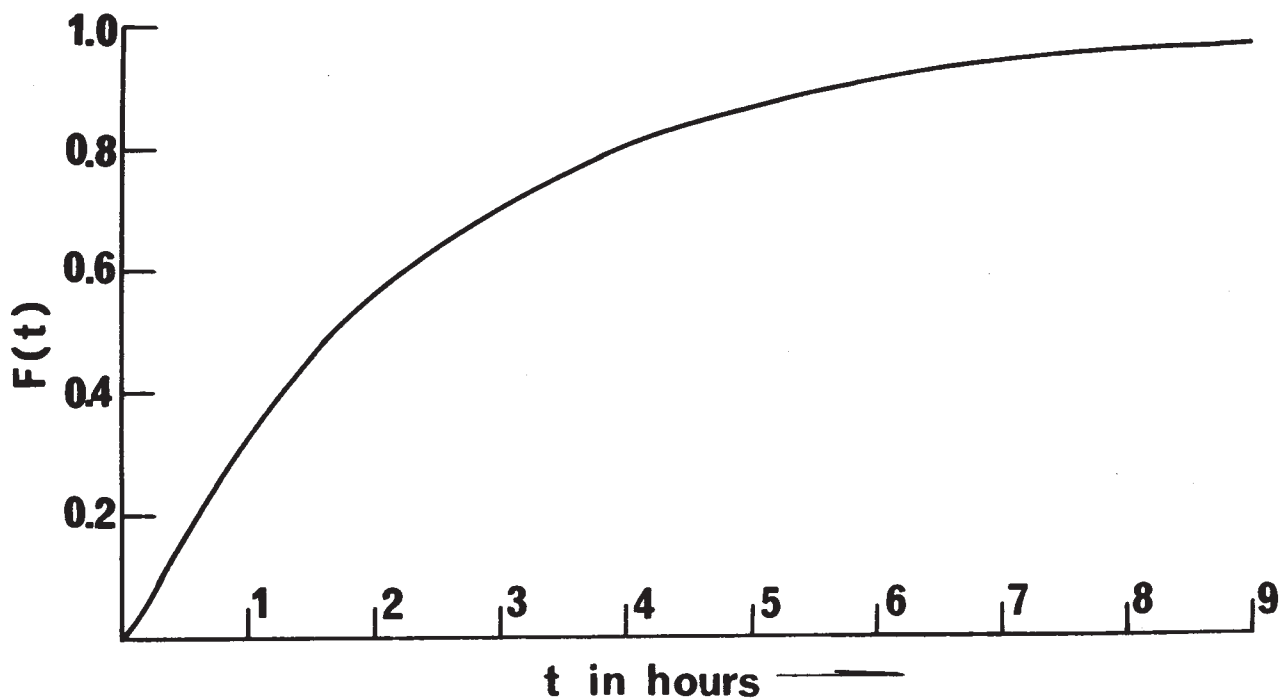
第 2 図  $a_1$  型先行現象が観測されたとして、地震発生確率が時間（単位：日数）の常用対数とともに増大する様子

Fig. 2 Changes in cumulative probability of an earthquake to occur with increase in logarithmic time  $\log_{10} T$ , where  $T$  is measured in units of days, when an  $a_1$  precursor is observed at  $\log_{10} T = -3$ .



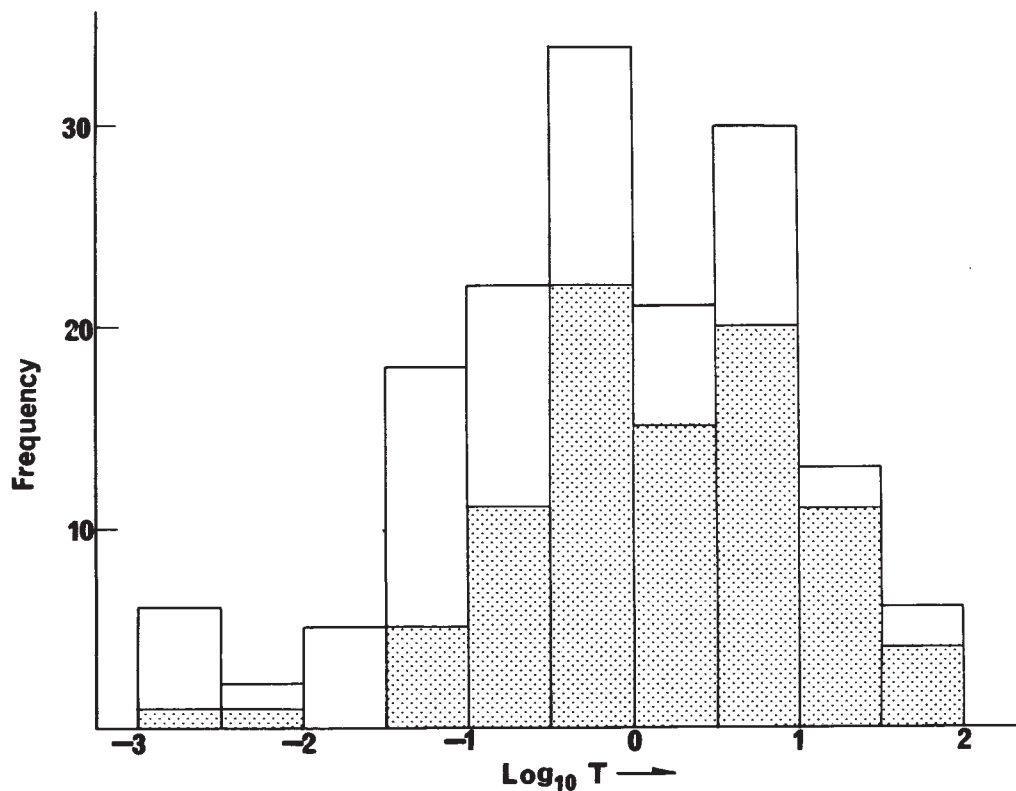
第 3 図  $a_2$  型先行現象の頻度分布

Fig.3 Histogram of precursor times of  $a_2$  precursor.



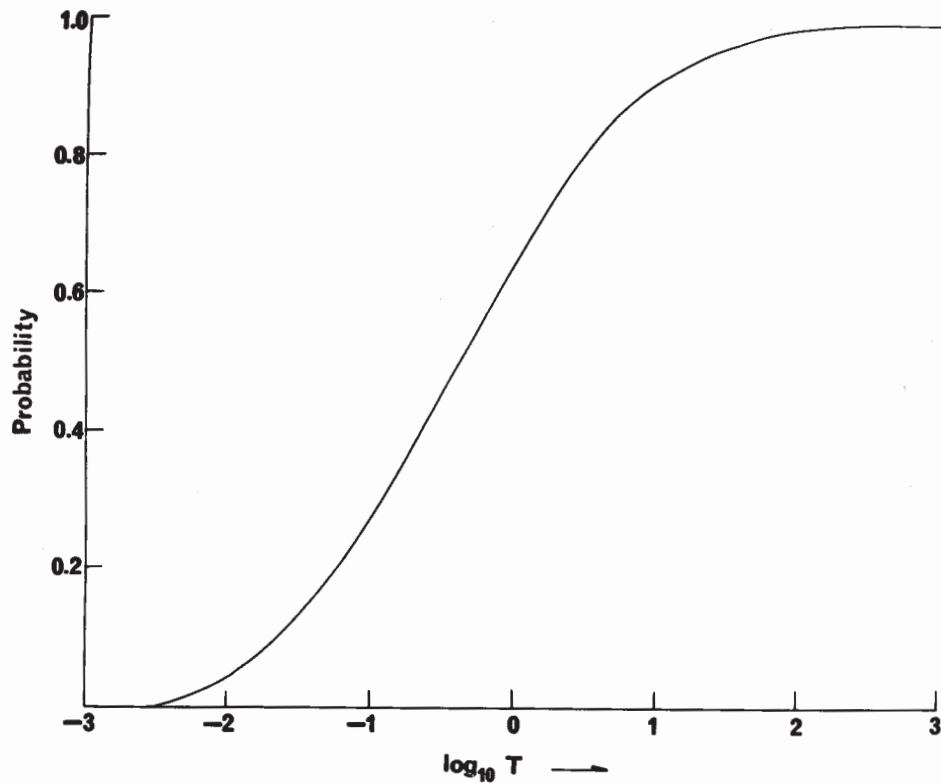
第 4 図  $a_2$  型先行現象観測後の地震発生確率

Fig.4 Changes in cumulative probability of an earthquake to occur with increase in time  $t$  when an  $a_2$  precursor is observed at  $t=0$ .



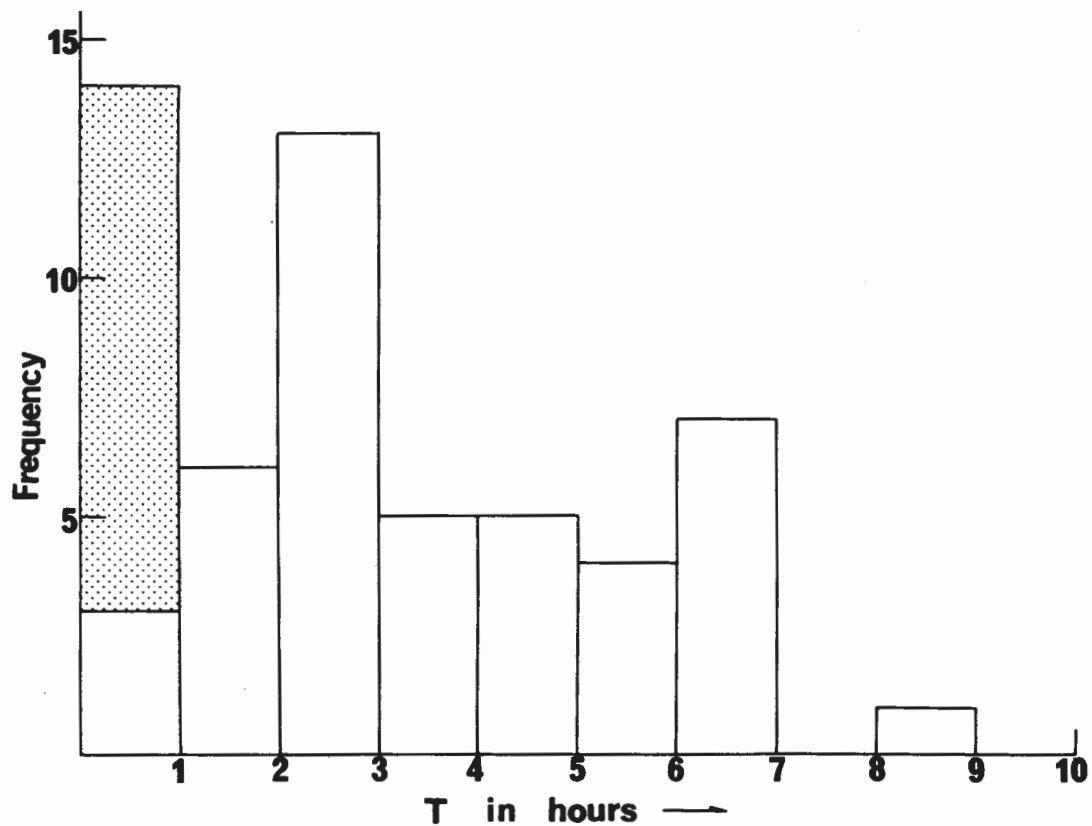
第 5 図 動物、魚、蛇、昆虫……などの異常行動による地震先行時間  $T$ （単位：日数）の常用対数の頻度分布。影をつけた部分は魚類による。

Fig. 5 Histogram of logarithmic precursor times  $\log_{10} T$  ( $T$  is measured in units of days) of animal precursor including abnormal behaviour of mammal, fish, snake, insect and so on. The shaded columns indicate the histogram for fish.



第 6 図  $\beta_1$  型先行現象観測後の地震発生確率

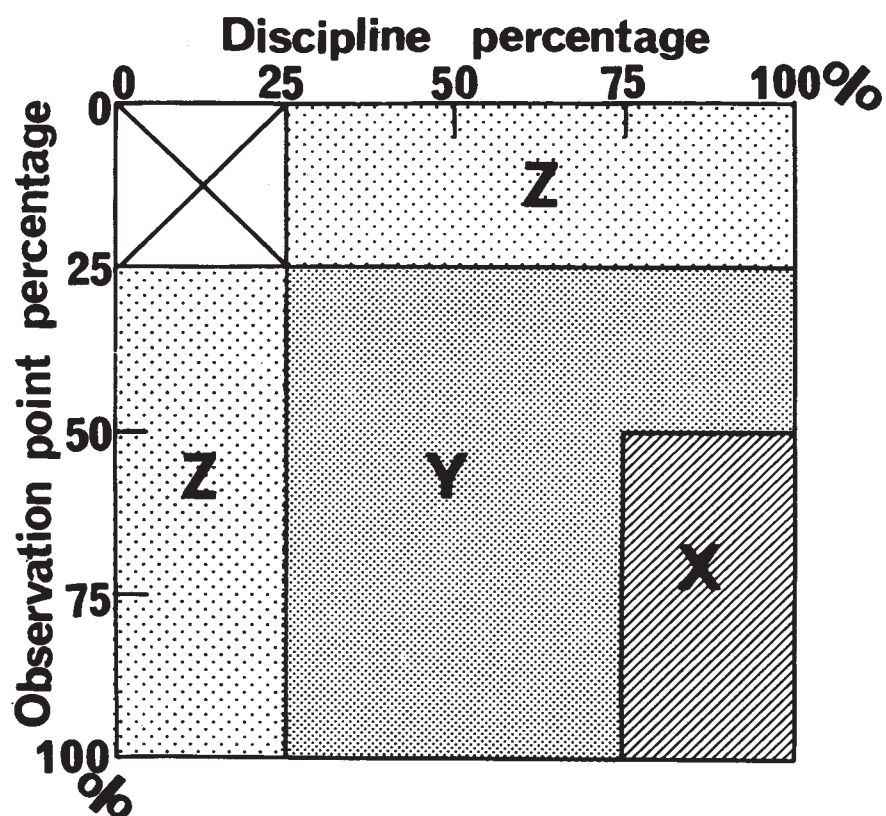
Fig. 6 Changes in cumulative probability of an earthquake to occur with increase in logarithmic time  $\log_{10} T$ , where  $T$  is measured in units of days, when an  $\beta_1$  precursor is observed at  $\log_{10} T = -3$ .



第 7 図  $\beta_2$  型先行現象の頻度分布。影をつけた部分は先行時間が極端に短い（20 分以下）シグナルで今回の統計からは除く。

Fig. 7 Histogram of precursor times of  $\beta_2$  precursor. The shaded column represents precursors having extremely short precursor time (less than 20 min.) and is omitted from the present statistics.





第 8 図 観測項目パーセンテージと観測点数パーセンテージの組合せによる信頼度 X, Y および Z の分類

Fig. 8 Rating of reliabilities X, Y and Z by means of combinations of discipline and observation point percentages.

第 1 表 先行現象の種類

Table 1 Earthquake precursors.

| 項 目         | 略号 | 項 目             | 略号 |
|-------------|----|-----------------|----|
| 土地変形        | l  | $V_p$ および $V_s$ | w  |
| 傾斜・歪        | t  | 地磁気             | g  |
| 前震          | f  | 地電流             | e  |
| $b$ 値       | b  | 土地電気抵抗          | r  |
| 微小地震活動      | m  | ラドン             | i  |
| 発震メカニズム     | s  | 地下水             | u  |
| 断層クリープ異常    | c  | 石油湧出量           | o  |
| $V_p/V_s$ 比 | v  | 動物異常行動          | a  |



第2表 地震予知情報の実際的分類

各記号は本文参照， $\lambda$  および  $\mu$  の単位は%とする。

Table 2 Practical classification of earthquake prediction information.  $\lambda$  and  $\mu$  are measured in units of percent.

| タイプ             | 短 期                                                                                 |             |                                                                                | 長 期                                               | 超 長 期               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|
|                 | $\alpha_2$ , $\beta_2$                                                              | $\beta_1$   | $\alpha_1$                                                                     | 第1種先行現象                                           | 地殻歪モニタリング<br>歴史記録解析 |
| 危険期             | ①<br>1～4時間                                                                          | ②<br>3時間～4日 | ③<br>1.5日～28日                                                                  | 数 年 先                                             | 数 十 年 先             |
| 現象の<br>種 類      | l, t, f, m, g,<br>c, r, u, a<br>(rは特に重要)                                            | a           | l, t, f, m, g,<br>e, u<br>(f, m 重要)                                            | l, t, f, b, m,<br>s, c, v, w, g,<br>e, r, i, u, o | 1, 活断層, 古文書         |
| 情 報<br>信 頼<br>度 | ④<br>$\lambda \geq 75$ , $\mu \geq 50$                                              |             | $\lambda \geq 75$ , $\mu \geq 50$                                              | 異常の地域的広がり<br>よりマグニチュード<br>を推定するとともに,<br>先行時間推定可能  | 地震発生確率を毎年<br>計算可能   |
|                 | ⑤<br>$75 > \lambda \geq 25$<br>$\mu \geq 25$<br>$\lambda \geq 75, 50 > \mu \geq 25$ |             | $75 > \lambda \geq 25$<br>$\mu \geq 25$<br>$\lambda \geq 75, 50 > \mu \geq 25$ |                                                   |                     |
|                 | ⑥<br>$\lambda > 25$ , $25 \geq \mu$<br>$25 \geq \lambda$ , $\mu \geq 25$            |             | $\lambda > 25$ , $25 \geq \mu$<br>$25 \geq \lambda$ , $\mu \geq 25$            |                                                   |                     |